

氏 名	ネニ クルニアシフ Neny Kurniasih
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 2031 号
学位授与の日付	平 成 13 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 環 境 地 球 工 学 専 攻
学位論文題目	APPLICATIONS OF TIME DOMAIN BOUNDARY INTEGRAL EQUATION METHOD TO FORWARD AND INVERSE ELASTO- DYNAMIC PROBLEMS (時間域境界積分方程式法の動弾性順問題・逆問題への適用)
論文調査委員	(主 査) 教 授 田 村 武 教 授 渡 邊 英 一 助 教 授 西 村 直 志

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、時間域境界積分方程式法の動弾性順問題、逆問題への適用を検討したものである。順問題としては、2次元平面、半平面の面外、面内弾性波動問題における初期値境界値問題を取り扱っている。また、逆問題としては、面外波動問題において、散乱波の波形計測結果から未知の空洞形状を同定する問題を取り上げている。全6章と結論からなる本論文の要旨は次の通りである。

第1章では、本研究のテーマである境界積分方程式法の発展の歴史及び背景、時間域の解法を選んだ理由、研究の目的と本論文の構成等について概説している。第2章は境界積分方程式法の数学的基礎がまとめられている。第3章は動弾性初期値境界値問題の定式化が簡単に述べられている。

第4章は面外問題の順解析を取り扱っている。境界積分方程式法に現れる種々のポテンシャル関数は時間空間積分となっているが、被積分関数は過去錐上に特異性を有するため特殊な取り扱いを要する。この積分を精度良く評価する手法の詳細を論じた後、種々の境界、時間要素の組み合わせと数値解の安定性が数値実験的に検討されている。さらに種々の空洞形状、入射波動方向の場合、及び半無限問題のGreen関数を用いた解法などについて、解の精度や手法の安定性が数値実験によって検証されている。

第5章では動弾性面内順問題において、前章と同様な数値実験が行われている。まず、動弾性問題では定式化に現れる種々のポテンシャル関数の核は2つの過去錐上に特異性を有するため、数値積分法は面外問題の場合より複雑になるが、前章での取り扱いを動弾性に拡張する方法が示されている。次に、無限領域の問題で、得られた数値手法の精度や安定性が数値実験的に検討されている。本章の中心的課題は半無限問題の取り扱いである。実際、半無限問題ではGreen関数の表式が非常に複雑になり、これを用いた数値計算法が計算時間の面から現実的ではないため、基本的には無限領域の定式化を用い、半無限境界を打ち切った算法の精度が検討されている。特に、全波動場に対する積分表現を用いた解法、反射波に対する積分表現を用いた解法、及び自由場(散乱体のない半無限領域における入射波と反射波の和)を除いた部分に積分表現を適用する方法が検討されており、自由場を用いた解法が精度上他の方法より優れていることが示されている。

第6章では、これまでの各章で得られた知見をもとに、逆問題の数値手法が展開されている。具体的には、半平面の面外波動問題において、領域内に未知の空洞があるとき、ある既知の入射波に対する応答を半無限境界上で時間計測したデータから空洞位置と形状を同定する逆問題を設定し、数値的に解いている。この問題は、超音波を用いた構造材料の非破壊評価法をモデル化したものである。数値解においては、空洞形状を有限個のパラメータで記述し、問題をパラメータ推定に帰着して非線形計画法で解いている。種々の非線形計画法を用いた数値実験により、円形空洞を同定する試みがなされている。これらの数値実験を通して、提案された方法が有効であることが結論されている。

最後に結論の章を置き、論文全体で得られた結論を再度まとめている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、時間域境界積分方程式法の動弾性順問題、逆問題への適用を検討したものである。順問題としては、2次元平面、半平面の面外、面内弾性波動問題における初期値境界値問題を取り扱っている。また、逆問題としては、面外波動問題において、散乱波の波形計測結果から未知の空洞形状を同定する問題を考察している。具体的には、以下のような内容からなっている。

(1)面外問題の順解析においては、時間方向の積分法についての詳細を論じた後、種々の境界、時間要素の組み合わせ、空洞形状、入射波動方向、及び半無限問題の Green 関数を用いた解法などについて、解の精度や手法の安定性を数値実験によって検証した。

(2)動弾性面内問題においては、半無限問題において Green 関数を用いた定式化が実用的ではないため、無限領域の定式化において半無限境界を打ち切った定式化の精度の検証がなされた。特に、全波動場に対する積分表現を用いた解法、反射波に対する積分表現を用いた解法、及び自由場（散乱体のない半無限領域における入射波と反射波の和）を除いた部分に積分表現を適用する方法が検討されており、自由場を用いた解法が精度上他の方法より優れていることが示された。

(3)半平面の面外波動問題において、領域内に未知の空洞があるとき、ある既知の入射波に対する応答を半無限境界上で時間計測したデータから空洞位置と形状を同定する逆問題を設定し、その数値解を得た。この問題は、超音波を用いた構造材料の非破壊評価法をモデル化したものである。数値解析においては、空洞形状を有限個のパラメータで記述し、問題をパラメータ推定に帰着して非線形計画法で解く方法が用いられた。数値実験により、提案された方法の有効性が示された。

以上要するに本論文は、境界積分方程式法による時間域動弾性順、逆問題の解法を、特に半無限問題に注目して展開したものであり、地震工学や、非破壊評価法に関連した計算力学の基礎として、その成果は学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成13年1月31日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。